

**La pluviometría
en las comarcas
catalanas
próximas al mar**

Luis Vázquez
*Instituto Nacional de
Meteorología*

Territoris (1998), 1:
291-309

La pluviometria en las comarcas catalanas proximas al mar

Luis Vázquez

Instituto Nacional de Meteorología

Resumen

Desde un punto de vista dinámico la región mediterránea es una zona de transición entre Europa, que queda bajo la influencia de los Oestes, de la Circulación General Atmosférica, durante la mayor parte del año y el Norte de Africa, con predominio de la aridez y los desiertos y bajo la influencia de cinturón de altas subtropicales.

La precipitación sobre este área es muy irregular y muestra gran variabilidad espacial y temporal.

En un territorio tan reducido como la franja costera catalana, hemos identificado un conjunto de distribuciones de precipitación para los meses de otoño, en el periodo 1961-1990.

Abstract

From a dynamical standpoint the Mediterranean region forms a transitional zone between Europe, highly influenced by the Westerlies during the whole year, and the deserts of North Africa, which lie within the arid zone of the subtropical high-pressure belt.

The precipitation over this area is very irregular and shows high spatial and temporal variability.

In a territory as small as the catalan coast (Catalunya), a set of precipitation distributions have been identified during the autumn months of 1961-1990.

Recepción del manuscrito, enero de 1997

Introducción

Si bien el clima de la franja costera de la Cuenca Occidental del Mediterraneo se puede considerar específicamente caracterizado en las principales clasificaciones climáticas del mundo, precisamente según un prototipo que lleva su propio nombre marítimo (el subtipo Cs de Köppen), quizás sea la alta variabilidad de la precipitación mensual interanual lo que hace más compleja y delicada la interpretación y la gestión de los recursos hídricos de esta región geográfica.

Recogemos aquí palabras de D. J.M^a Jansà en su *Curso de Climatología*: «El tipo C es el tipo de la variedad; mejor aún, de la diversidad, y como esta diversidad se manifiesta sobre todo en el régimen pluviométrico, conviene empezar por él» (pág. 348). «... ahora estamos en el dominio de la irregular regularidad; la variabilidad de los elementos es mucho menor (que en los tipos A y B), pero lo periodico brota sólo como un producto estadístico... Hay que reconocer que esta diversidad tiene raíces profundas, ya que las

distintas comarcas clasificadas bajo el epigrafe común de clima de tipo C no constituyen un conjunto físicamente homogéneo con mayores diferencias si cabe, que las existentes entre el desierto cálido y el desierto frío». (pág 349).

Sirva la modesta contribución de este estudio como homenaje a quien por su actitud humana, científica y profesional, continua siendo un referente y en particular para aquellos que se interesan, viven, disfrutan y sufren las peculiaridades de Mediterráneo.

Localizándonos en Cataluña, se puede destacar el gran contraste de precipitaciones entre unos años y otros, entre la sequedad de unos años y la elevada pluviometría de otros, aún refiriéndonos a un mismo mes. Esta variabilidad y disparidad son tanto mayores cuanto más nos aproximamos al mar, como criterio general.

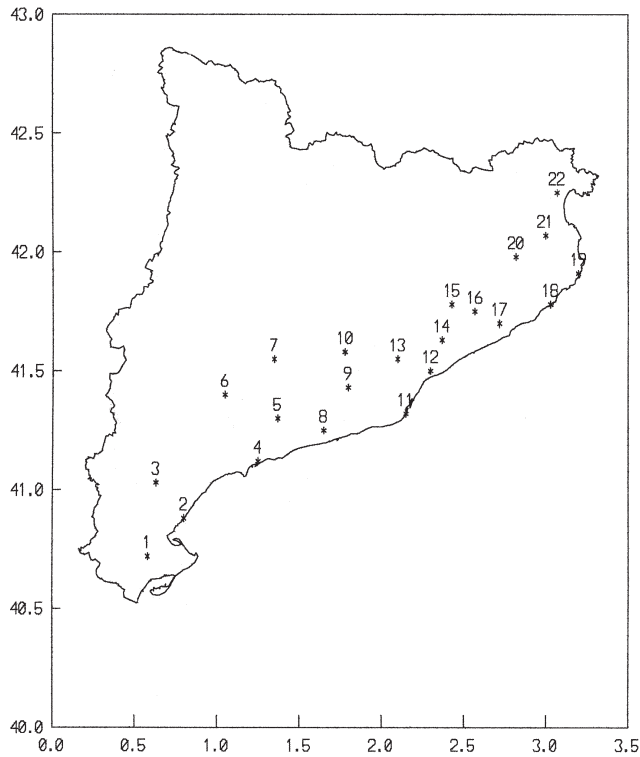
En este artículo, se presentan algunos aspectos de estos contrastes en la franja territorial que comprende las comarcas del litoral y prelitoral catalán. Se pretende destacar una diferenciación espacial y temporal de la pluviometría mensual de los meses de otoño, en un lugar y una época en que se producen con la mayor frecuencia intraanual los fenómenos convectivos más intensos y eficientes, típicos de la climatología mediterránea, con efectos económicos, sociales y ecológicos muy relevantes.

Finalmente, se presentan un conjunto de mapas pluviométricos compuestos, correspondientes a probables prototipos de organización de la precipitación mensual en el área.

Datos y su tratamiento

Un conjunto de 22 observatorios pluviométricos (mapa de localizaciones) configuran la 'malla' de referencia sobre la cual disponemos de series homogéneas y completas de la precipitación mensual de septiembre, octubre y noviembre durante el treintenio 1961-1990. Constituyen la base empírica a partir de la cual tratamos de obtener información sintética latente en la alta variabilidad espacial y temporal que las observaciones básicas u originales contienen.

Su localización geográfica es apreciablemente homogénea y cubre el área con aceptable regularidad como para que no aparezca ninguna parte de esta zona 'aislada' respecto de la red de observación, de modo que evitaremos que la cantidad de variancia este subestimada o sobrerrepresentada en alguna parte del territorio.



Catalunya: localización de observatorios.

Se ha tratado de especificar unas distribuciones típicas de precipitación por medio de un análisis previo de funciones ortogonales empíricas tal como, por ejemplo, se presenta en Kutzbach, 1967.

En la matriz de datos básicos (dimensiones 30×22 , $m \times i$) correspondiente a cada uno de los meses estacionales, X_{mi} , representa el valor pluviométrico del mes m en el observatorio i . Convenientemente adimensionalizadas, tenemos

$$\sum_m X_{mi} = 0 \quad \text{y,} \quad \sum_i \frac{1}{M} \sum_m X_{mi} = 1.$$

El conjunto de observaciones X_{mi} , con $i=1,2,\dots,I$, puede ser considerado como un vector mensual \vec{X}_m en un espacio de dimensión I , tal que

$$\vec{X}_m = \sum_i X_{mi} \vec{B}_i$$

donde B_i ($i=1,2,\dots,I$) es la base vectorial unitaria. Como X_m es un vector I -dimensional, se puede representar por I vectores de modelo linealmente independientes.

La estructura espacial del modo k está dada por las componentes E_{ki} ($i=1,2,\dots,I$) del vector E_k del modelo (las cargas); la estructura temporal del modo, está dada por el coeficiente de expansión (puntuaciones) A_{mk} ($m=1,2,\dots,M$) (en este estudio $M=30$) tal que

$$\vec{X}_m = \sum_{k=1}^I A_{mk} * E_k$$

donde,

$$A_{mk} = \sum_i X_{mi} * E_{ki}$$

La ortogonalidad de los modos se expresa por

$$\vec{E}_k * \vec{E}_l = \delta_{kl} \quad \text{para cada par } k, l.$$

La estructura de espacio y tiempo de cada modo (E_{ki} y A_{mk} , respectivamente) están conectados a los datos básicos según

$$\sum_m A_{mk} = \sum_m \sum_i X_{mi} * E_{ki} = \sum_i E_{ki} \sum_m X_{mi} = 0$$

y,

$$1/M * \sum_k A_{mk}^2 = 1.$$

Para cada modo, el coeficiente de expansión temporal es una serie de tiempo con media cero y la suma de las variancias de todos los modos es igual a la variancia total de los datos originales.

Estas propiedades enunciadas, son más generales en el sentido de que son aplicables a cualquier conjunto ortonormal \vec{E}_k ($k=1,2,\dots,I$). Las funciones ortogonales empiricas pueden ser reconocidas como los autovectores (ó vectores propios) de la matriz de covariancias

$$\sum_j C_{ij} * E_{lj} = \lambda_l * E_{li} \quad (l=1,2,\dots,I)$$

λ_1 , es el autovalor (ó valor propio) de la matriz de covariancias:

$$C_{ij} = 1/M \sum_m X_{mi} * X_{mj} \quad (i, j = 1, 2, \dots, I)$$

y puede comprobarse que

Es decir, las estructuras de espacio y tiempo de los modos de la matriz de

$$1/M \sum_m A_{mk} * A_{ml} = \lambda_k \delta_{kl}.$$

asociaciones son ortogonales y los podemos denominar modos empiricos.

si $I = K$

$$\lambda_k = 1/M \sum_m A_{mk}^2 > 0$$

o sea, el

autovalor del modo empirico k es igual a su variancia, y

$$\sum_{k=1}^I \lambda_k = 1.$$

En este trabajo hemos utilizado la matriz de correlaciones como matriz de dependencias.

En un orden práctico, tratamos de reducir la dimensión del espacio original de las variables básicas a otro de menos dimensiones, ó de número reducido de componentes, pero con la condición de que en este reducido espacio de pocas dimensiones quede recogido un muy alto porcentaje de la variancia total del espacio original, ya que maximización de la variancia explicada es equivalente a minimización del error total. La elección de este número limitado de componentes, de la dimensión reducida del espacio de las componentes, es susceptible de diferentes criterios y en parte puede estar orientado por la significación de las mismas en una fase de interpretación. Aquí, se han considerado aquellas cuyo valor propio asociado es mayor que la unidad, es decir, aquellas componentes que expliquen al menos un porcentaje de variancia igual ó mayor que el de las variables originales.

Cuando se analiza la matriz de correlaciones, las cargas de los modos empiricos forman una matriz que proporciona las coordenadas de las variables originales en el espacio reducido de las componentes, que a su vez coinciden con sus coeficientes de correlación.

En una investigación exploratoria de los datos, como puede ser esta que se presenta, tratamos de buscar implicaciones en el mundo real, para interpretar las componentes obtenidas en función de las variables e individuos de la matriz básica que las caracterizan.

La primera componente, en cada mes tratado, presenta muy alta correlación con la mayor parte de las variables originales, es decir, presenta un patrón de saturaciones

elevadas y positivas en todas las variables básicas (criterio de múltiple positividad), lo cual facilita poco nuestra pretensión de diferenciar subzonas dentro del área costera catalana, que expresen homogeneidad en cuanto al comportamiento pluviométrico y los factores geográficos, meteorológicos y climáticos que los producen.

Para tratar de obtener grupos homogéneos de variables originales que faciliten la interpretación de las componentes latentes, puede adoptarse un cambio de base, por medio de una rotación con el criterio de maximización de la variancia de las cargas, de modo que aparezcan unas variables muy saturadas y otras muy poco, de acuerdo con el criterio de estructura simple de Thurstone (se supone que existen varias componentes relacionadas cada una de ellas con unas cuantas variables originales y no con las restantes).

A la matriz de coeficientes de expansión temporal, que expresan la medida en que las componentes se dan en los sujetos (X_{mi} , $i=1,2,\dots,I$), le hemos aplicado un algoritmo de agrupamiento (distancia euclídea, método de Ward), que nos proporciona una reagrupación de los 30 'mapas' de precipitación (1961-90) en unos pocos subconjuntos.

Finalmente, hemos obtenido unos mapas compuestos como promedio de los integrantes de cada uno de los subconjuntos y esto nos ha permitido expresar unos prototipos de precipitación mensual, en que mas probablemente se manifiesta la precipitación de otoño en las zonas catalanas próximas al mar y que eventualmente podrían asociarse a esquemas recurrentes de la circulación atmosférica en la región (meteorología) y más ampliamente con condiciones específicas del estado del sistema climático correspondiente, en el área ó fuera de ella.

Resultados y comentarios

En los gráficos adjuntos están transcritas las cargas de cada una de las tres componentes que explican el 76.5%, 85.6% y el 81.7% de la varianza total de las variables originales para los meses de septiembre, octubre y noviembre, respectivamente.

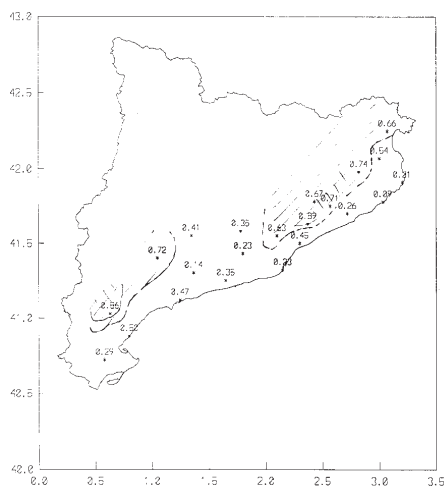
Una observación que puede hacerse es que cada componente da señal más alta y 'selecciona' una particular área del conjunto del territorio.

Curiosamente, excepto en septiembre, en donde las componentes 1 y 2 aparecen con una disposición elongada, casi paralela a la totalidad de la línea costera (sobre todo la componente 2), en los otros dos meses, octubre y noviembre, con cierta similitud entre ambos, la señal de las componentes se vincula prácticamente a los tres tramos provinciales del territorio, Girona, Barcelona y Tarragona.

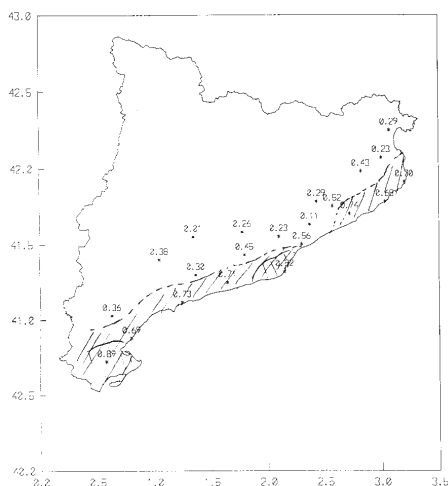
Así como en septiembre las componentes evocan la diferenciación entre la franja litoral y la prelitoral, en octubre y noviembre los factores latentes parecen corresponder con los tres tramos costeros tradicionalmente usados en la operativa de predicción marítima en Cataluña.

En este artículo no pretendemos entrar directamente en aspectos interpretativos, si bien, no es difícil especular con la peculiaridad geográfica de cada tramo costero y su disposición relativa a los flujos perturbados predominantes en caso de episodios importantes de precipitación, que inciden sobre las costas catalanas.

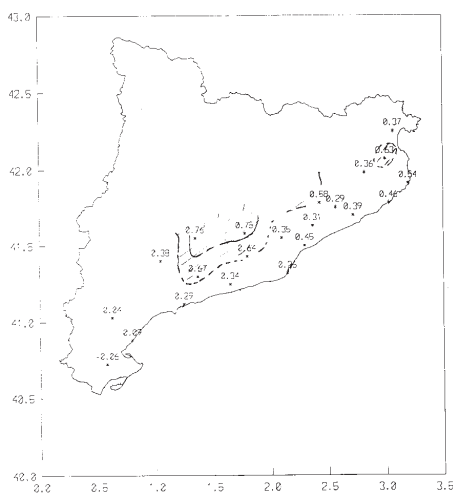
Efectivamente, además de otros elementos que no señalamos ahora, puede imaginarse la zona preferencial de focalización de los factores meteorológicos mesoescales, en ambientes ciclónicos mediterráneos, más al norte ó más al sur en la franja costera-precostera catalana, dependiendo de la dimensión y localización de los centros de esos ciclones y sus flujos aéreos asociados.



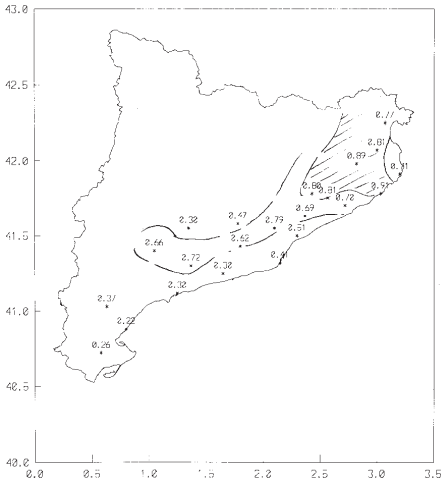
Septiembre:
cargas de la componente 1.



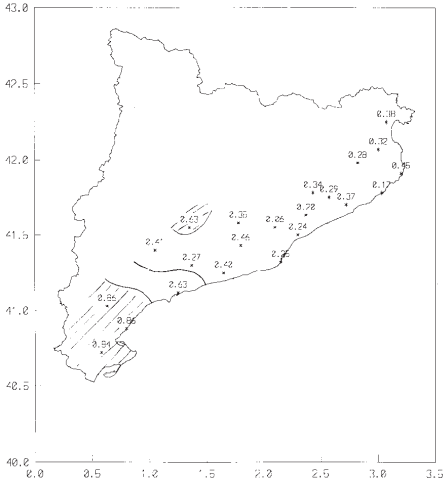
Septiembre:
cargas de la componente 2.



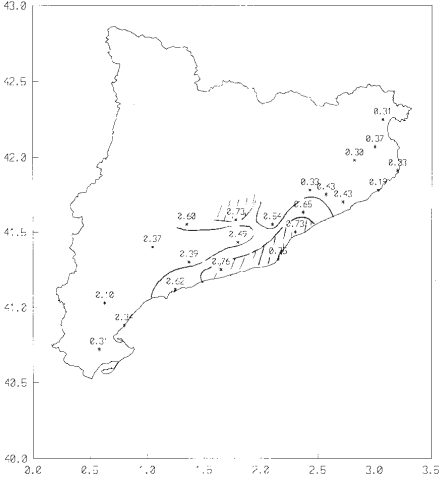
Septiembre:
cargas de la componente 3.



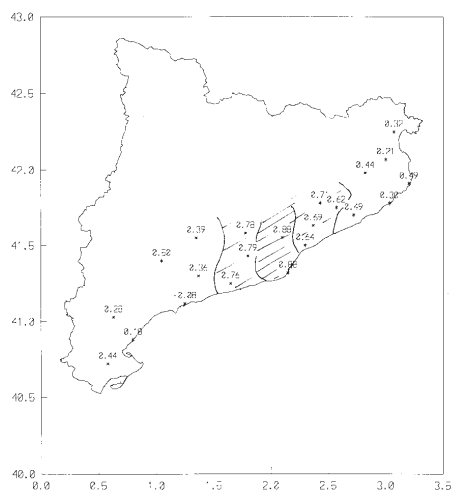
Octubre:
cargas de la componente 1.



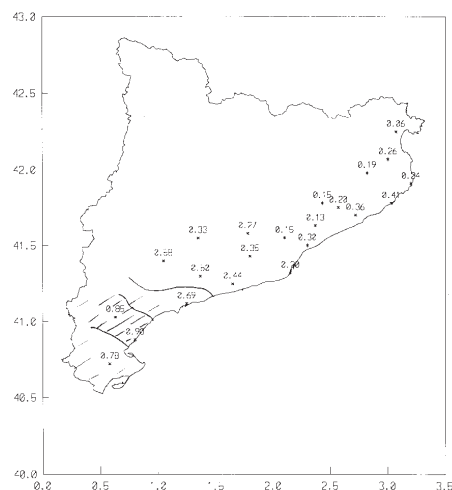
Octubre:
cargas de la componente 2.



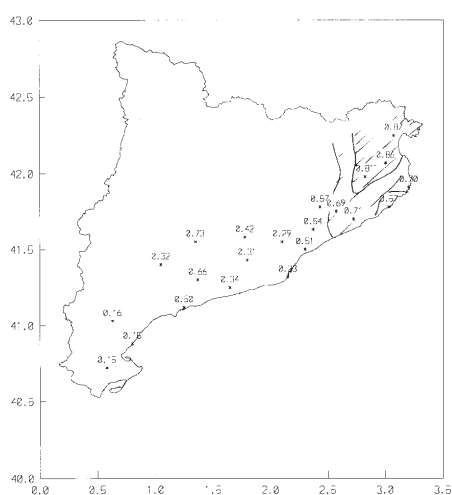
Octubre:
cargas de la componente 3.



Noviembre:
cargas de la componente 1.



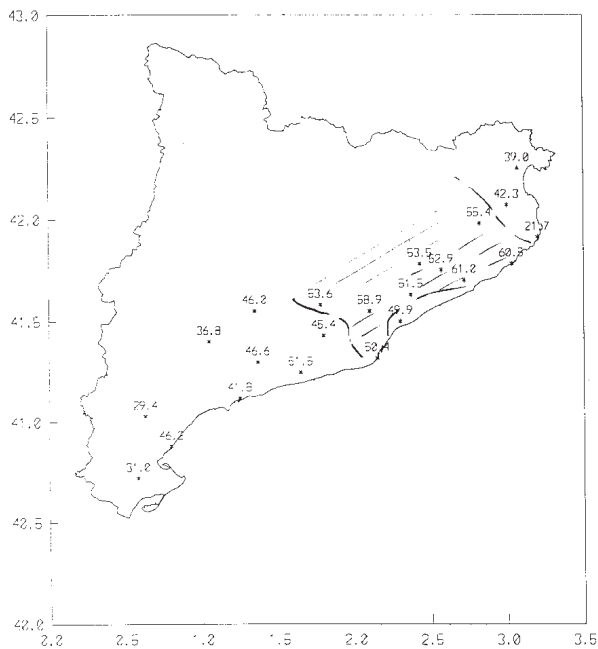
Noviembre:
cargas de la componente 2.



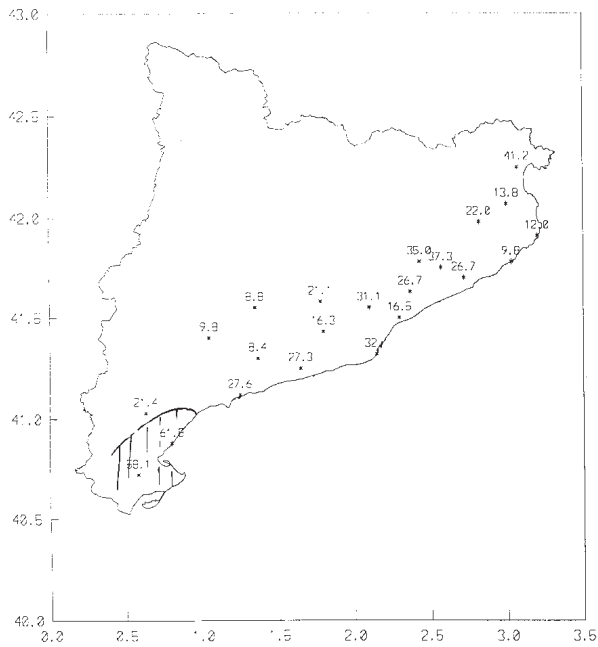
Noviembre:
cargas de la componente 3.

Se presentan también las distribuciones pluviométricas ‘prototípicas’ como mapas pluviométricos compuestos. Cada uno de ellos es el promedio de un conjunto de años con similar contribución de las componentes , como se indica a continuación:

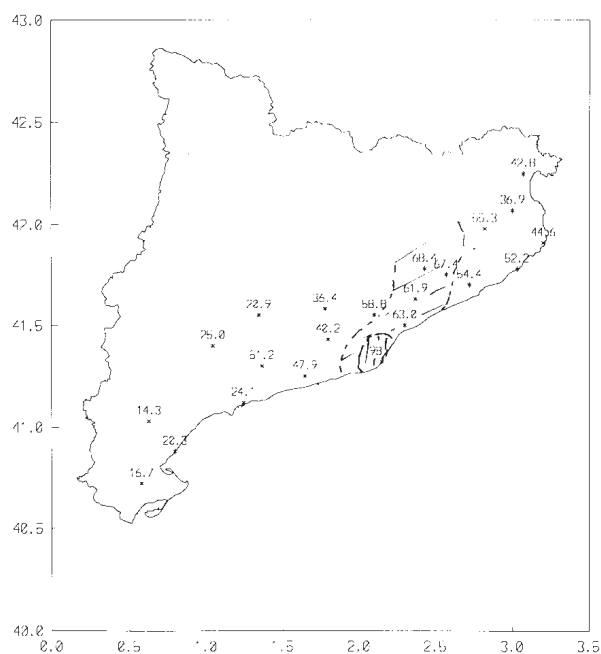
- Septiembre - mapa del tipo 1: 1961, 1963, 1971, 1972, 1975, 1989.
mapa del tipo 2: 1962, 1965, 1969, 1974, 1976, 1984.
mapa del tipo 3: 1964, 1967, 1973, 1978, 1980, 1981, 1982, 1983, 1986,
1988, 1990.
mapa del tipo 4: 1966, 1968, 1970, 1977, 1979, 1985, 1987.
- Octubre - mapa del tipo 1: 1963, 1971, 1974, 1978, 1980, 1983, 1988.
mapa del tipo 2: 1964, 1968, 1973, 1975, 1981, 1984, 1989.
mapa del tipo 3: 1961, 1966, 1967, 1970, 1976, 1977, 1985.
mapa del tipo 4: 1962, 1969, 1972, 1982, 1986.
mapa del tipo 5: 1965, 1979, 1987, 1990.
- Noviembre - mapa del tipo 1: 1963, 1968, 1972, 1989.
mapa del tipo 2: 1961, 1967, 1971, 1987, 1990, 1964, 1969, 1977, 1980,
1984, 1985.
mapa del tipo 3: 1962, 1983, 1988.
mapa del tipo 4: 1965, 1966, 1970, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1978,
1979, 1981, 1986.



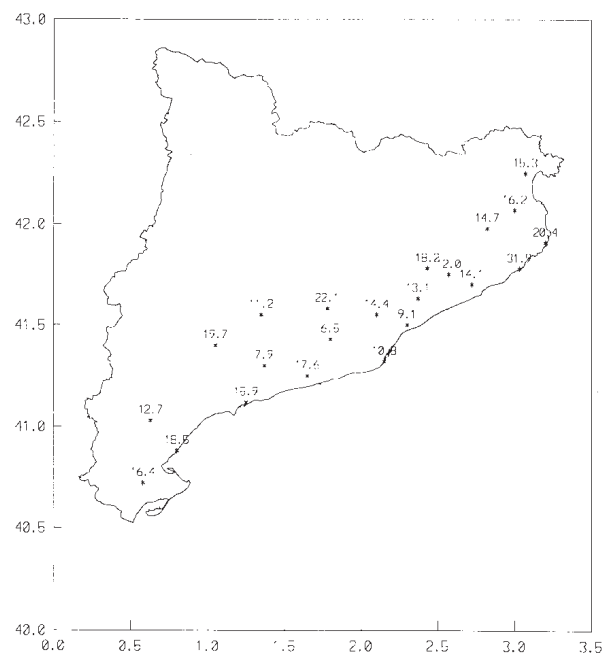
Septiembre:
Mapa del tipo 3. (mm).

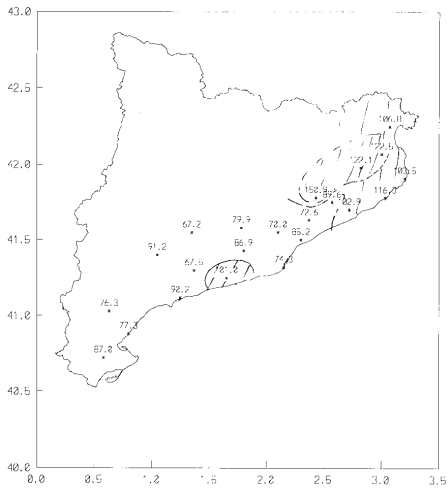


Septiembre:
Mapa del tipo 4. (mm).

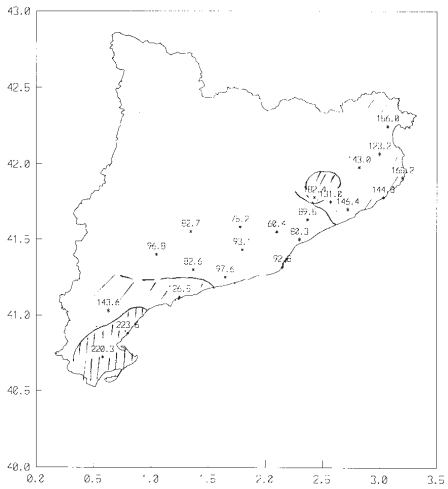


Octubre:
Mapa del tipo 1. (mm).

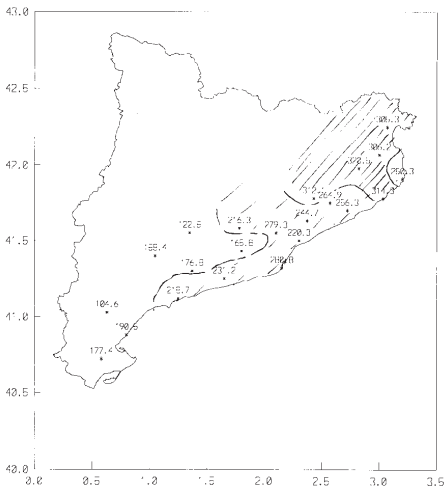




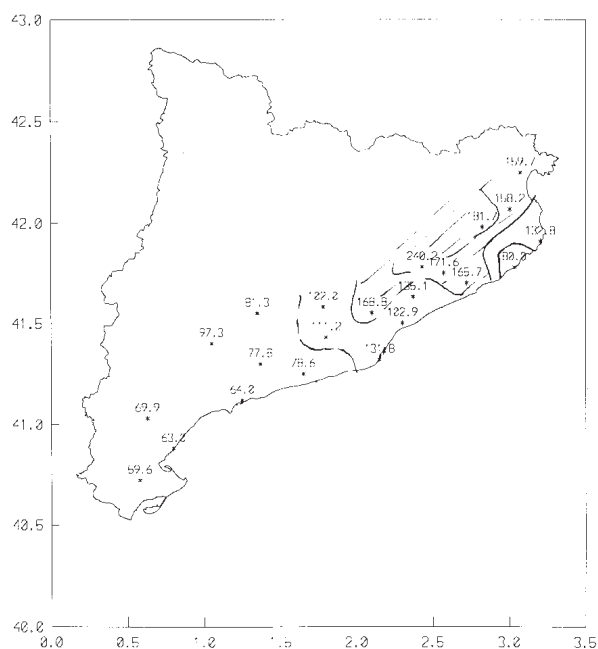
Octubre:
mapa del tipo 3. (mm).



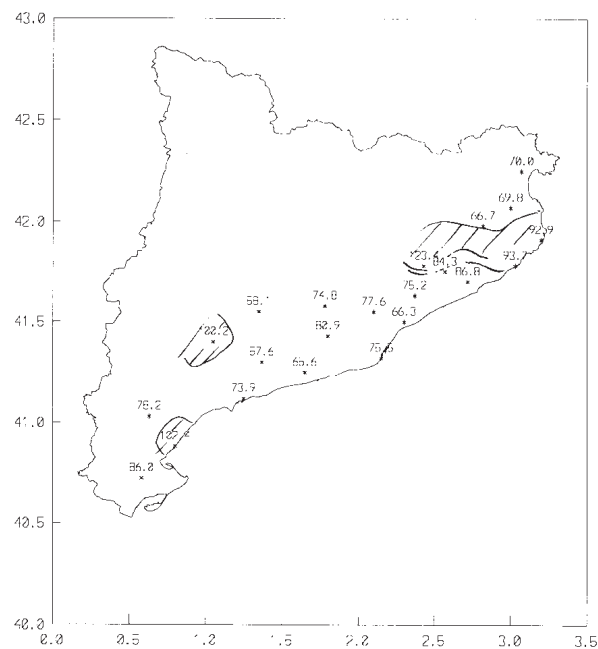
Octubre:
mapa del tipo 4. (mm).



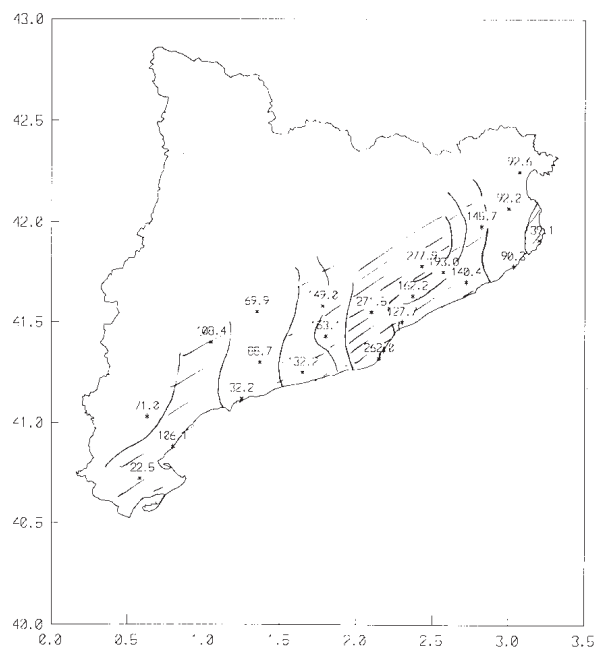
Octubre:
mapa del tipo 5. (mm).



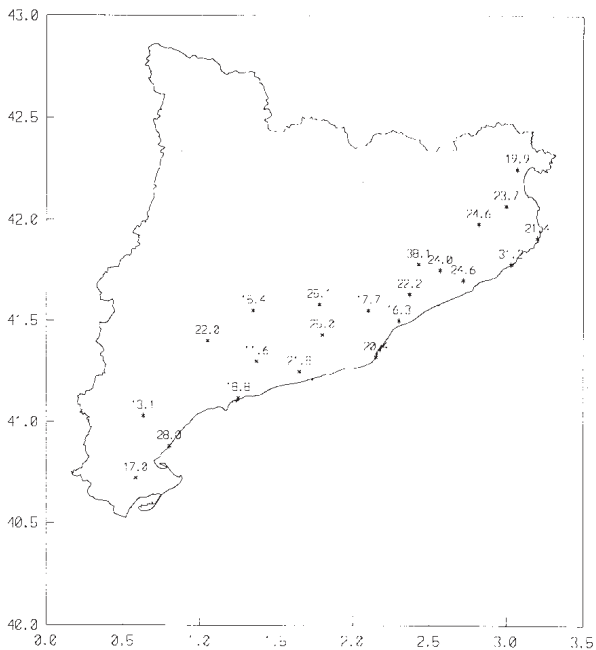
Noviembre:
Mapa del tipo 1. (mm).



Noviembre:
Mapa del tipo 2. (mm).



Noviembre:
Mapa del tipo 3. (mm).



Noviembre:
Mapa del tipo 4. (mm).

